

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-54279

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51) IntCl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 D 41/14	3 1 0		F 0 2 D 41/14	3 1 0 L
45/00	3 6 8		45/00	3 6 8 G

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-224611

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月8日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 北村 徹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 加藤 彰

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

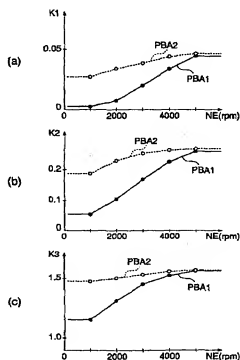
(74) 代理人 弁理士 渡部 敏彦

(54) 【発明の名称】 内燃機関の気筒別空燃比推定装置

(57) 【要約】

【課題】 オブザーバの安定性と収束性を、機関運転状態に拘わらず最適に設定することができる気筒別空燃比推定装置を提供する。

【解決手段】 機関排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、排気系集合部の検出当量比KACTをオブザーバに入力して気筒別空燃比の推定を行う。オブザーバのゲイン行列Kを機関運転状態に応じて設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気系に設けられた空燃比検出手段と、前記機関の排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、前記空燃比検出手段の出力を入力として各気筒の空燃比を推定する気筒別空燃比推定手段とを備えた内燃機関の気筒別空燃比推定装置において、前記気筒別空燃比推定手段は、前記オブザーバの推定ゲインを前記機関の運転状態に応じて変更することを特徴とする内燃機関の気筒別空燃比推定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、現代制御理論に基づくオブザーバを応用して、内燃機関の気筒別の空燃比を推定する気筒別空燃比推定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】内燃機関の排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、機関の排気系集合部に設けられ、空燃比に比例する出力を発生する空燃比センサの出力に基づいて、機関の気筒別の空燃比を推定するようにした気筒別空燃比推定方法が、従来より知られている（特開平5-18004号公報）。

【0003】この推定方法では、上記排気系モデルの特性を規定するパラメータは、機関運転状態によって変化する点に着目し、該パラメータの値を機関運転状態に応じて変更するようにしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、オブザーバの特性を機関運転状態に拘わらず最適とするためには、上記パラメータを機関運転状態に応じて変更するだけでは、必ずしも十分ではなく、特にオブザーバの安定性と収束性（収束速度）を最適とする上で改善の余地が残されていた。

【0005】本発明はこの点に着目してなされたものであり、オブザーバの安定性と収束性を、機関運転状態に拘わらず最適に設定することができる気筒別空燃比推定装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、内燃機関の排気系に設けられた空燃比検出手段と、前記機関の排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、前記空燃比検出手段の出力を入力として各気筒の空燃比を推定する気筒別空燃比推定手段とを備えた内燃機関の気筒別空燃比推定装置において、前記気筒別空燃比推定手段は、前記オブザーバの推定ゲインを前記機関の運転状態に応じて変更することを特徴とする。

【0007】本発明によれば、オブザーバの推定ゲインが機関運転状態に応じて変更される。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0009】図1は本発明の実施の一形態にかかる内燃機関（以下「エンジン」という）及びその制御装置の構成を示す図である。同図中、1は4気筒のエンジンである。

【0010】エンジン1の吸気管2は分岐部（吸気マニホルド）11を介してエンジン1の各気筒の燃焼室に連通する。吸気管2の途中にはスロットル弁3が配されている。スロットル弁3にはスロットル弁開度 $\theta$ （TH）センサ4が連結されており、スロットル弁開度 $\theta$ （TH）に応じた電気信号を出力して電子コントロールユニット（以下「ECU」という）5に供給する。吸気管2には、スロットル弁3をバイパスする補助空気通路6が設けられており、該通路6の途中には補助空気量制御弁7が配されている。補助空気量制御弁7は、ECU5に接続されており、ECU5によりその開弁量が制御される。

【0011】吸気管2のスロットル弁3の上流側には吸気温度（TA）センサ8が装着されており、その検出信号がECU5に供給される。吸気管2のスロットル弁3と吸気マニホルド11の間には、チャンバ9が設けられており、チャンバ9には吸気管内絶対圧（PBA）センサ10が取り付けられている。PBAセンサ10の検出信号はECU5に供給される。

【0012】エンジン1の本体にはエンジン水温（TW）センサ13が装着されており、その検出信号がECU5に供給される。ECU5には、エンジン1のクランク軸（図示せず）の回転角度を検出するクランク角度位置センサ14が接続されており、クランク軸の回転角度に応じた信号がECU5に供給される。クランク角度位置センサ14は、エンジン1の特定の気筒の所定クランク角度位置で信号パルス（以下「CYL信号パルス」という）を出力する気筒判別センサ、各気筒の吸入行程開始時の上死点（TDC）に関し所定クランク角度前のクランク角度位置で（4気筒エンジンではクランク角180度毎に）TDC信号パルスを出力するTDCセンサ及びTDC信号パルスより短い一定クランク角周期（例えば30度周期）で1パルス（以下「CRK信号パルス」という）を発生するCRKセンサから成り、CYL信号パルス、TDC信号パルス及びCRK信号パルスがECU5に供給される。これらの信号パルスは、燃料噴射時期、点火時期等の各種タイミング制御及びエンジン回転数NEの検出に使用される。

【0013】吸気マニホルド11の吸気弁の少し上流側には、各気筒毎に燃料噴射弁12が設けられており、各噴射弁は図示しない燃料ポンプに接続されているとともにECU5に電気的に接続されて、ECU5からの信号により燃料噴射時期及び燃料噴射時間（開弁時間）が制

御される。エンジン1の点火プラグ（図示せず）もECU5に電気的に接続されており、ECU5により点火時期 $\theta_{IG}$ が制御される。

【0014】排気管16は分岐部（排気マニホールド）15を介してエンジン1の燃焼室に接続されている。排気管16には分岐部15が集合する部分の直ぐ下流側に、広域空燃比センサ（以下「LAFセンサ」という）17が設けられている。さらにLAFセンサ17の下流側には直下三元触媒19及び床下三元触媒20が配されており、またこれらの三元触媒19及び20の間には酸素濃度センサ（以下「O2センサ」という）18が装着されている。三元触媒19、20は、排気ガス中のHC、CO、NOx等の浄化を行う。

【0015】LAFセンサ17は、ローパスフィルタ22を介してECU5に接続されており、排気ガス中の酸素濃度（空燃比）に略比例した電気信号を出力し、その電気信号をECU5に供給する。O2センサ18は、その出力が理論空燃比の前後において急激に変化する特性を有し、その出力は理論空燃比よりリッチ側で高レベルとなり、リーン側で低レベルとなる。O2センサ18は、ローパスフィルタ23を介してECU5に接続されており、その検出信号はECU5に供給される。

【0016】排気還流機構30は、吸気管2のチャンバ9と排気管16とを接続する排気還流路31と、排気還流路31の途中に設けられ、排気還流量を制御する排気還流弁（EGR弁）32と、EGR弁32の弁開度を検出し、その検出信号をECU5に供給するリフトセンサ33とから成る。EGR弁32は、ソレノイドを有する電磁弁であり、ソレノイドはECU5に接続され、その弁開度がECU5からの制御信号により変化させることができるように構成されている。

【0017】エンジン1は、吸気弁及び排気弁のうち少なくとも吸気弁のバルブタイミングを、エンジン1の高速回転領域に適した高速バルブタイミングと、低速回転領域に適した低速バルブタイミングとの2段階に切り換え可能なバルブタイミング切換機構60を有する。このバルブタイミングの切換は、弁リフト量の切換も含み、さらに低速バルブタイミング選択時は2つの吸気弁のうち一方を休止させて、空燃比を理論空燃比よりリーン化する場合においても安定した燃焼を確保するようにしている。

【0018】バルブタイミング切換機構60は、バルブタイミングの切換を油圧を介して行うものである。この油圧切換を行う電磁弁及び油圧センサ（図示せず）がECU5に接続されている。油圧センサの検出信号はECU5に供給され、ECU5は電磁弁を制御してバルブタイミングの切換制御を行う。

【0019】また、ECU5は、大気圧を検出する大気圧（PA）センサ21が接続されており、その検出信号がECU5に供給される。

【0020】ECU5は、上述した各種センサからの入力信号波形を整形して電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変化する等の機能を有する入力回路と、中央処理回路（CPU）と、該CPUで実行される各種演算プログラムや後述する各種マップ及び演算結果等を記憶するROM及びRAMからなる記憶回路と、燃料噴射弁12等の各種電磁弁や点火プラグに駆動信号を出力する出力回路とを備えている。

【0021】ECU5は、上述の各種エンジン運転パラメータ信号に基づいて、LAFセンサ17及びO2センサ18の出力に応じたフィードバック制御運転領域やオープン制御運転領域等の種々のエンジン運転状態を判別するとともに、エンジン運転状態に応じ、下記数式1により燃料噴射弁12の燃料噴射時間TOUTを演算し、この演算結果に基づいて燃料噴射弁12を駆動する信号を出力する。

【0022】

【数1】 $TOUT = T IMF \times K TOTAL \times K CMD M \times K LAF \times K OBS \# N$

図2は上記数式1による燃料噴射時間TOUTの算出手法を説明するための機能ブロック図であり、これを参照して本実施の形態における燃料噴射時間TOUTの算出手法の概要を説明する。なお、本実施の形態ではエンジンへの燃料供給量は燃料噴射時間として算出されるが、これは噴射する燃料量に対応するので、TOUTを燃料噴射量若しくは燃料量とも呼んでいる。

【0023】図2においてブロックB1は、吸入空気量に対応した基本燃料量TIMFを算出する。この基本燃料量TIMFは、基本的にはエンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに応じて設定されるが、スロットル弁3からエンジン1の燃焼室に至る吸気系をモデル化し、その吸気系モデルに基づいて吸入空気の遅れを考慮した補正を行うことが望ましい。その場合には、検出パラメータとしてスロットル弁開度 $\theta TH$ 及び大気圧PAをさらに用いる。

【0024】ブロックB2～B4は乗算ブロックであり、ブロックの入力パラメータを乗算して出力する。これらのブロックにより、上記数式1の演算が行われ、燃料噴射量TOUTが得られる。

【0025】ブロックB9は、エンジン水温TWに応じて設定されるエンジン水温補正係数KTW、排気還流実行中に排気還流量に応じて設定されるEGR補正係数KEGR、蒸発燃料処理装置によるバージ実行時にバージ燃料量に応じて設定されるバージ補正係数KPUG等のフィードフォワード系補正係数をすべて乗算することにより、補正係数KTOTALを算出し、ブロックB2に入力する。

【0026】ブロックB21は、エンジン回転数NE、吸気管内絶対圧PBA等に応じて目標空燃比係数KCMDを決定し、ブロック22に入力する。目標空燃比係数

KCMDは、空燃比A/Fの逆数、すなわち燃空比F/Aに比例し、理論空燃比のとき値1.0をとるので、目標当量比ともいう。ブロックB22は、ローパスフィルタ23を介して入力されるO2センサ出力VMOに基づいて目標空燃比係数KCMDを修正し、ブロックB18及びB23を入力する。ブロックB23は、KCMD値に応じて燃料冷却補正を行い最終目標空燃比係数KCMDMを算出し、ブロックB3に入力する。

【0027】ブロックB10は、ローパスフィルタ22を介して入力されるLAFセンサ出力値を、CRK信号パルスの発生毎にサンプリングし、そのサンプル値をリングバッファメモリに順次記憶し、エンジン運転状態に応じて最適なタイミングでサンプリングしたサンプル値を選択し（LAFセンサ出力選択処理）、ブロックB11に入力するとともにローパスフィルタブロックB16及びB17を介してブロックB18及びB19に入力する。このLAFセンサ出力選択処理は、サンプリングのタイミングによっては変化する空燃比を正確に検出できないこと、燃焼室から排出される排気ガスがLAFセンサ17に到達するまでの時間やLAFセンサ自体の反応時間がエンジン運転状態によって変化することを考慮したものである。

【0028】ブロックB11は、いわゆるオブザーバとしての機能を有し、LAFセンサ17によって検出される集合部（各気筒から排出された排気ガスの混合ガス）の空燃比に基づいて、各気筒毎の空燃比を推定し、4つの気筒に対応しているブロックB12～B15及びブロックB19を入力する。図2においては、ブロックB12が気筒#1に対応し、ブロックB13が気筒#2に対応し、ブロックB14が気筒#3に対応し、ブロックB15が気筒#4に対応する。ブロックB12～B15は、各気筒の空燃比（オブザーバブロックB12が推定した空燃比）が、集合部空燃比に一致するようにPID制御により気筒別補正係数KOBVS#N（N=1～4）を算出し、それぞれブロックB5～B8を入力する。

【0029】ブロックB18は、検出空燃比と目標空燃比との偏差に応じてPID制御によりPID補正係数KLAFを算出してブロックB4に入力する。

【0030】以上のように本実施の形態では、LAFセンサ17の出力の応じて通常のPID制御により算出したPID補正係数KLAFを上記数式1に適用するとともに、LAFセンサ出力に基づいて推定した各気筒の空燃比に応じて設定される気筒別補正係数KOBVS#Nをさらに上記数式1に適用して、気筒毎の燃料噴射量TOUT(N)を算出している。気筒別補正係数KOBVS#Nにより気筒毎の空燃比のばらつきを解消して、触媒の浄化率を向上させ、種々のエンジン運転状態において良好な排気ガス特性を得ることができる。

【0031】本実施の形態では、上述した図2の各プロ

ックの機能は、ECU5のCPUによる演算処理により実現されるので、この処理のフローチャートを参照して処理の内容を具体的に説明する。

【0032】図3は、LAFセンサ17の出力に応じてPID補正係数KLAF及び気筒別補正係数KOBVSを算出する処理のフローチャートである。本処理はTDC信号パルスの発生毎に実行される。

【0033】ステップS1では、始動モードか否か、すなわちクランキング中か否かを判別し、始動モードのときは始動モードの処理へ移行する。始動モードでなければ、目標空燃比係数（目標当量比）KCMD及び最終目標空燃比係数KCMDMの算出（ステップS2）及びLAFセンサ出力選択処理を行う（ステップS3）とともに検出当量比KACTの演算を行う（ステップS4）。検出当量比KACTは、LAFセンサ17の出力を当量比に変換したものである。

【0034】次いでLAFセンサ17の活性化が完了したか否かの活性判別を行う（ステップS5）。これは、例えばLAFセンサ17の出力電圧とその中心電圧との差を所定値（例えば0.4V）と比較し、該差が所定値より小さいと活性化が完了したと判別するものである。

【0035】次にエンジン運転状態がLAFセンサ17の出力に基づくフィードバック制御を実行する運転領域（以下「LAFフィードバック領域」という）にあるか否かの判別を行う（ステップS6）。これは、例えばLAFセンサ17の活性化が完了し、且つフエエルカット中やスロットル全開運転中でないとき、LAFフィードバック領域と判定するものである。この判別の結果、LAFフィードバック領域にないときはリセットフラグKLAFRESETを「1」に設定し、LAFフィードバック領域にあるときは「0」とする。

【0036】続くステップS7では、リセットフラグKLAFRESETが「1」か否かを判別し、KLAFRESET=1のときは、ステップS8に進んでPID補正係数KLAFを「1.0」に、また気筒別補正係数KOBVSを後述する気筒別補正係数学習値KOBVS#Nstに設定するとともに、PID制御の積分項KLAFiを「0」に設定して、本処理を終了する。

【0037】一方ステップS7でKLAFRESET=0のときは、気筒別空燃比補正係数KOBVS#N及びPID補正係数KLAFの演算を行って（ステップS9、S10）、本処理を終了する。

【0038】次に図3のステップS9における気筒別補正係数KOBVS#Nの算出処理について説明する。

【0039】最初にオブザーバによる気筒別空燃比の推定手法について説明し、次に推定した気筒別空燃比に応じた気筒別補正係数KOBVS#Nの算出手法を説明する。

【0040】排気系集合部の空燃比を各気筒の空燃比の

時間的な寄与度を考慮した加重平均であると考え、時刻

用いている。

kのときの値を数式2のように表した。なお、燃料量

【0041】

(F)を操作量としたため、数式2では燃空比F/Aを

【数2】

$$[F/A](k) = C_1 [F/A\#1] + C_2 [F/A\#3]$$

$$+ C_3 [F/A\#4] + C_4 [F/A\#2]$$

$$[F/A](k+1) = C_1 [F/A\#3] + C_2 [F/A\#4]$$

$$+ C_3 [F/A\#2] + C_4 [F/A\#1]$$

$$[F/A](k+2) = C_1 [F/A\#4] + C_2 [F/A\#2]$$

$$+ C_3 [F/A\#1] + C_4 [F/A\#3]$$

すなわち、集合部の燃空比は、気筒毎の過去の燃焼履歴に重み係数C（例えば直前に燃焼した気筒は40%、その前が30%、…など）を乗算したものの合計で表した。このモデルをブロック線図で表すと、図4のようになり、その状態方程式は数式3のようになる。

【0042】

【数3】

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

また、集合部の燃空比をy(k)とおくと、出力方程式は数式4のように表すことができる。数式4のC1～C4が重み係数である。

【0043】

【数4】

$$y(k) = [c_1 c_2 c_3] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + c_4 u(k)$$

数式4において、u(k)は観測不可能であるため、この状態方程式からオブザーバを設計してもx(k)は観測することができない。そこで、4TDC前（すなわち、同一気筒）の空燃比は急激に変化しない定常運転状態にあると仮定してx(k+1)=x(k-3)とすると、数式4は数式5のようになる。

【0044】

【数5】

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

$$y(k) = [c_1 c_2 c_3 c_4] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

このように設定したモデルが4気筒エンジンの排気系をよくモデル化していることは実験的に確認されている。

従って、集合部A/Fから気筒別燃空比を推定する問題は、数式6で示される状態方程式と出力方程式にてx(k)を観察する通常のカルマンフィルタの問題に帰着する。その荷重行列Q、Rを数式7のようににおいてリカ

ッチの方程式を解くと、ゲイン行列K（数式8）のK1～K4を決定することができる。

【0045】

【数6】

$$\begin{aligned} \hat{x}(k+1) &= A\hat{x}(k) + Bu(k) \\ y(k) &= C\hat{x}(k) + Du(k) \end{aligned}$$

ここで、

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = [c_1 c_2 c_3 c_4] \quad B = D = [0]$$

$$x(k) = \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

【0046】

【数7】

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = [1]$$

【0047】

【数8】

$$K = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{bmatrix}$$

本実施形態のモデルでは、一般的なオブザーバの構成における入力u(k)がないので、図5に示すようにy(k)のみを入力とする構成となり、これを数式で表すと数式9のようになる。

【0048】

【数9】

$$\begin{aligned} \hat{x}(k+1) &= [A-KC] \hat{x}(k) + Ky(k) \\ &= A\hat{x}(k) + K(y(k) - C\hat{x}(k)) \end{aligned}$$

$$\hat{x}(k) = \begin{bmatrix} \hat{x}(k-3) \\ \hat{x}(k-2) \\ \hat{x}(k-1) \\ \hat{x}(k) \end{bmatrix}$$

たがって、集合部燃空比y(k)及び過去の気筒別燃空

比の推定値 $X$ ハット( $k$ )から、今回の気筒別燃空比の推定値 $X$ ハット( $k$ )を算出することができる。

【0049】上記数式9を用いて気筒別燃空比 $X$ ハット( $k+1$ )を算出する場合、集合部燃空比 $y$ ( $k$ )として、検出当量比 $KACT(k)$ が適用されるが、この検出当量比 $KACT(k)$ は、 $LAF$ センサ17の応答遅れを含んでいるのに対し、 $CX$ ハット( $k$ )(4つの気筒別燃空比の重み付け加算値)は、遅れを含んでいない。そのため、数式9を用いたのでは、 $LAF$ センサ17の応答遅れの影響で、気筒別燃空比を正確に推定することはできない。特にエンジン回転数 $NE$ が高いときは、 $TDC$ 信号パルスの発生間隔が短くなるので応答遅れの影響が大きくなる。

【0050】そこで本実施形態では、数式10により集合部燃空比の推定値 $y$ ハット( $k$ )を算出し、これを数式11に適用することにより、気筒別燃空比の推定値 $X$ ハット( $k+1$ )を算出するようにした。

【0051】

【数10】

$$\hat{y}(k) = DL \hat{y}(k-1) + (1-DL) CX(k)$$

【0052】

【数11】

$$\hat{X}(k+1) = AX(k) + K(y(k) - \hat{y}(k))$$

上記数式10において、 $DL$ は $LAF$ センサ17の応答遅れの時定数に相当するパラメータである。また、数式10及び11において、 $X$ ハット( $k$ )の初期ベクトルは、例えば構成要素( $x$ ハット( $k-3$ )、 $x$ ハット( $k-2$ )、 $x$ ハット( $k-1$ )、 $x$ ハット( $k$ ))の値が全て「1.0」のベクトルとし、数式10において $y$ ハット( $k-1$ )の初期値は「1.0」とする。

【0053】このように、数式9における $CX$ ハット( $k$ )を、 $LAF$ センサの応答遅れを含んだ集合部燃空比の推定値 $y$ ハット( $k$ )に置き換えた数式11を用いることにより、 $LAF$ センサの応答遅れを適切に補償して正確な気筒別燃空比の推定を行うことができる。なお、以下の説明における各気筒の推定当量比 $KACT\#1(k) \sim KACT\#4(k)$ が、それぞれ $x$ ハット( $k$ )に相当する。

【0054】次に本実施形態におけるゲイン行列 $K$ 、重み係数 $C$ 及び遅れ時定数 $DL$ の具体的な設定手法を説明する。

【0055】一般には、重み係数 $C(C1, C2, C3, C4)$ を定めると、上述したように、リカッチの方程式を解くことによりゲイン行列 $K$ を決定することができるが、本実施形態では、 $C1=C2=0$ とし、 $C3$ 及び $C4$ を図6(a)に示すように設定された $C$ テーブルを用いて、エンジン回転数 $NE$ 及び吸気管内絶対圧 $P$

$BA$ に応じて設定するとともに、ゲイン行列 $K$ も図7に示すように設定された $K$ テーブルを用いて、エンジン回転数 $NE$ 及び吸気管内絶対圧 $PBA$ に応じて設定している( $K4$ は、 $K4=K2$ とする)。これらの図において、 $PBA1$ 及び $PBA2$ はそれぞれ例えば660mmHg及び260mmHgであり、適宜補間演算を行って、検出したエンジン回転数 $NE$ 及び吸気管内絶対圧 $PBA$ に応じた重み係数 $C$ 及びゲイン行列 $K$ の算出を行う。

【0056】 $C$ テーブルは、エンジン回転数 $NE$ が増加するほど、また吸気管内絶対圧 $PBA$ が低下するほど $C3$ 値が増加し、 $C4$ 値が減少するように設定されている。また、 $K$ テーブルは、 $K1$ 、 $K2$ 及び $K3$ のいずれも、エンジン回転数 $NE$ が増加するほど、吸気管内絶対圧 $PBA$ が減少するほど、増加するように設定されている。

【0057】また、遅れ時定数 $DL$ は、図6(b)に示すようにエンジン回転数 $NE$ 及び吸気管内絶対圧 $PBA$ に応じて設定された $DL$ テーブルを用いて算出される。 $PBA1$ 及び $PBA2$ はそれぞれ例えば660mmHg及び260mmHgであり、適宜補間演算を行って、検出したエンジン回転数 $NE$ 及び吸気管内絶対圧 $PBA$ に応じた遅れ時定数 $DL$ の算出を行う。 $DL$ テーブルは、エンジン回転数 $NE$ が増加するほど、また吸気管内絶対圧 $PBA$ が減少するほど、 $DL$ 値が増加するように設定されている。なお、遅れ時定数 $DL$ の値は、実際の応答遅れ時間に相当する値より20%程度遅い時間に相当する値が最適であることが実験的に確認されている。

【0058】以上のように本実施形態では、重み係数 $C$ だけでなくゲイン行列 $K$ もエンジン運転状態に応じて設定するようにしたので、オブザーバの安定性と収束性を、エンジン運転状態に拘わらず最適に設定することができる。

【0059】次に推定した気筒別燃空比に基づいて気筒別補正係数 $KOBSV\#N$ を算出手法を、図8を参照して説明する。

【0060】先ず、数式12に示すように、集合部 $A/F$ に対応する検出当量比 $KACT$ を全気筒の気筒別補正係数 $KOBSV\#N$ の平均値の前回演算値で除算して目標 $A/F$ に対応する当量比としての目標値 $KCMDOBSV(k)$ を算出し、 $\#1$ 気筒の気筒別補正係数 $KOBSV\#1$ は、その目標値 $KCMDOBSV(k)$ と $\#1$ 気筒の推定当量比 $KACT\#1(k)$ との偏差 $DKACT\#1(k)$ (= $KACT\#1(k) - KCMDOBSV(k)$ )が0となるように、 $PID$ 制御により求める。

【0061】

【数12】

$$KCMDOBSV(k) = \frac{KACT(k)}{\sum_{N=1}^4 KOBVS\#N(k-1) / 4}$$

より具体的には、数式13により比例項KOBSVP#1、積分項KOBSVI#1及び微分項KOBSVD#1を求め、さらに数式14により気筒別補正係数KOBSV#1を算出する。

【0062】

【数13】  $KOBSVP\#1(k) = KPOBSV \times DKACT\#1(k)$

$KOBSVI\#1(k) = KIOBSV \times DKACT\#1(k) + KOBSVI\#1(k-1)$

$KOBSVD\#1(k) = KDOBSV \times (DKACT\#1(k) - DKACT\#1(k-1))$

【数14】  $KOBSV\#1(k) = KOBSVP\#1(k) + KOBSVI\#1(k) + KOBSVD\#1(k) + 1.0$

#2～#4気筒についても同様の演算を行い、KOBSV#2～#4を算出する。

【0063】これにより、各気筒の空燃比は集合部空燃比に収束し、集合部空燃比はPID補正係数KLAFにより、目標空燃比に収束するので、結果的にすべての気筒の空燃比を目標空燃比に収束させることができる。

【0064】さらに、この気筒別補正係数KOBSV#Nの学習値である気筒別補正係数学習値KOBSV#Nstyを下記の式により、運転領域毎に算出して、バッテリでバックアップされたRAMに記憶する。

【0065】

【数15】  $KOBSV\#Nsty = Csty \times KOBSV\#N + (1 - Csty) \times KOBSV\#Nsty$   
ここで、Cstyは重み係数、右辺のKOBSV#Nstyは前回学習値である。

【0066】図9は、図3のステップS9における気筒別補正係数KOBSV#N算出処理のフローチャートである。

【0067】先ずステップS331では、LAFセンサ17のリーン劣化を検出しているか否かを判別し、検出していないときは、直ちにステップS336に進む一方、検出しているときは、目標当量比KCMDが1.0であるか否か、即ち目標空燃比が理論空燃比か否かを判別する(ステップS332)。ここで、LAFセンサのリーン劣化とは、理論空燃比よりリーン側の空燃比に対応する出力のずれが所定以上となった状態をいう。そして、KCMD=1.0であるときは、ステップS336に進む一方、KCMD≠1.0であるときは、すべての気筒の気筒別補正係数KOBSV#Nを1.0に設定して(ステップS344)、即ち気筒別空燃比フィードバック制御は行わずに本処理を終了する。ステップS336では、上述したオブザーバによる気筒別空燃比の推定処理を行い、次いでPID補正係数KLAFを現在値に

維持すべきことを「1」で示すホールドフラグFKLAFHOLDが「1」か否かを判別し、FKLAFHOLD=1であるときは、直ちに本処理を終了する。

【0068】続くステップS338では、リセットフラグFKLAFRESETが「1」か否かを判別し、FKLAFRESET=0であるときは、エンジン回転数NEが所定回転数NOBSV(例えば3500rpm)より高いか否かを判別し(ステップS339)、NE≤NOBSVであるときは、吸気管内部絶対圧PBAが所定上限圧PBOBSVH(例えば650mmHg)より高いか否かを判別し(ステップS340)、PBA≤PBOBSVHであるときは、エンジン回転数NEに応じて図11に示すように設定されたPBOBSVLテーブルを検索して、下限圧PBOBSVLを決定し(ステップS341)、吸気管内部絶対圧PBAが下限圧PBOBSVLより低いかなかを判別する(ステップS342)。

【0069】以上の判別の結果、ステップS338～S340またはS342のいずれかの答が肯定(YES)のときは、エンジン運転状態が図11に斜線で示す領域にあり、気筒別空燃比フィードバック制御は実行可能と判定して、上述した手法により気筒別補正係数KOBSV#N及び学習値KOBSV#Nstyの演算を行い(ステップS343)、本処理を終了する。

【0070】図10は、図9のステップS336における気筒別空燃比の推定処理のフローチャートである。

【0071】同図において、ステップS361では、高速バルブタイミング用のオブザーバ演算(即ち気筒別空燃比の推定演算)を行い、続くステップS362では、低速バルブタイミング用のオブザーバ演算を行う。そして、現在のバルブタイミングが高速バルブタイミングか否かを判別し(ステップS363)、高速バルブタイミングのときは、高速バルブタイミング用のオブザーバ演算結果を選択し(ステップS364)、低速バルブタイミングのときは、低速バルブタイミング用のオブザーバ演算結果を選択する(ステップS365)。

【0072】このように、現在のバルブタイミングに拘わらず、高速及び低速バルブタイミング用のオブザーバ演算をともにに行い、現在のバルブタイミングに応じて、演算結果を選択するようにしたのは、気筒別空燃比の推定演算は、収束するまでに数回の演算を要するからである。これにより、バルブタイミング切換直後の気筒別空燃比の推定精度を向上させることができる。

【0073】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、オ

ブザーバの推定ゲインが機関運転状態に応じて変更されるので、オブザーバの安定性と収束性を、機関運転状態に拘わらず最適に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態にかかる内燃機関及びその制御装置の構成を示す図である。

【図2】本実施形態における空燃比制御手法を説明するための機能ブロック図である。

【図3】LAFセンサ出力に基づいて空燃比補正係数を算出する処理のフローチャートである。

【図4】内燃機関の排気系の挙動を示すモデルのブロック図である。

【図5】本実施形態におけるオブザーバの構成を示すブロック図である。

【図6】オブザーバの重み係数(C)及びLAFセンサの応答遅れ時定数(DL)を設定するためのテーブルを示す図である。

【図7】オブザーバのゲイン行列(K)を設定するための

のテーブルを示す図である。

【図8】気筒別空燃比フィードバック制御を説明するためのブロック図である。

【図9】気筒別補正係数(KOBSV#N)を算出する処理のフローチャートである。

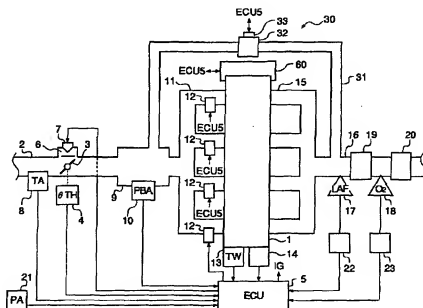
【図10】気筒別空燃比推定処理のフローチャートである。

【図11】気筒別空燃比フィードバック制御を実行する運転領域を示す図である。

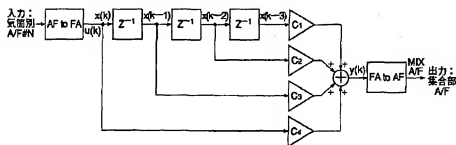
【符号の説明】

- 1 内燃機関 (本体)
- 2 吸気管
- 5 電子コントロールユニット (ECU)
- 12 燃料噴射弁
- 16 排気管
- 17 広域空燃比センサ
- 18 酸素濃度センサ

【図1】



【図4】





[illegible]

```

graph TD
    Start([LAF F/B]) --> S1{給動「ト」か?}
    S1 -- YES --> S7{FKLAFRESET = 1?}
    S1 -- NO --> S2[KCMD, KCMMDの算出]
    S2 --> S3[LAFビタ出力選択]
    S3 --> S4[KACT算出]
    S4 --> S5[LAFビタ活性判別]
    S5 --> S6[LAF F/B領域判別]
    S6 --> S7
    S7 -- YES --> S8[KLAF=1.0  
KOBVS#N=KOBVS#Nsty  
KLAFI=0]
    S7 -- NO --> S9[KOBVS#N算出]
    S8 --> S10[KLAF算出]
    S9 --> S10
    S10 --> End([RETURN])
    S7 --> S1
    S8 --> S1
    S9 --> S1
    S10 --> S1

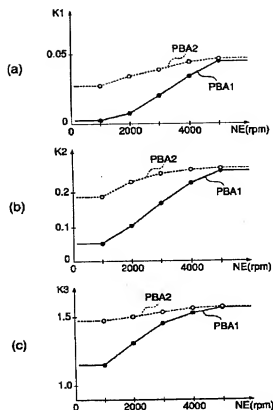
```

Figure 1 consists of two plots, (a) and (b), showing the dependence of various parameters on NE (rpm).

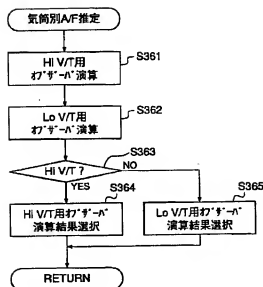
Plot (a) shows the dependence of C3 and C4 on NE. The y-axis is labeled C3, C4 and ranges from 0 to 1.0. The x-axis is labeled NE(rpm) and ranges from 0 to 5000. Four curves are shown: PBA1 (solid line with circles), PBA2 (dashed line with circles), C4 (dotted line with circles), and C3 (dash-dot line with circles). PBA1 starts at approximately 0.8 and decreases to about 0.6. PBA2 starts at approximately 0.6 and increases to about 0.4. C4 starts at approximately 0.6 and increases to about 0.6. C3 starts at approximately 0.3 and increases to about 0.4.

Plot (b) shows the dependence of DL on NE. The y-axis is labeled DL and ranges from 0 to 1.0. The x-axis is labeled NE(rpm) and ranges from 0 to 5000. Two curves are shown: PBA1 (solid line with circles) and PBA2 (dashed line with circles). Both curves start at approximately 0.3 and increase to about 0.8. PBA2 is slightly higher than PBA1 at higher NE values.

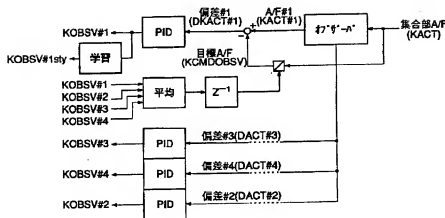
【図 7】



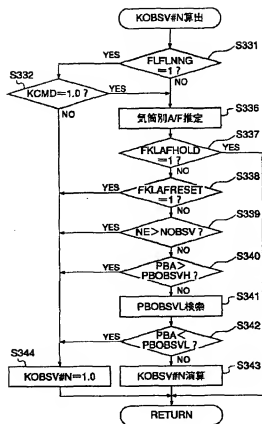
【図 10】



【図 8】



【図9】



【図11】

